

시스템의 논리적, 시간적 정확성 제공

시장조사기관인 IDC는 2002년께 웹폰이나 디지털TV, 셋탑박스, 디지털 비디오 같은 임베디드 시스템이 PC시장을 앞설 것으로 내다보고 있다. 이에 따라 이 시장을 둘러싼 업체들의 경쟁이 치열하게 펼쳐지고 있는데, 이러한 임베디드 시스템에 필연적으로 사용되다시피하는 것이 바로 실시간 운영체제(RTOS : Real-Time Operating System)이다. 실시간 운영체제가 가지는 특징, 응용 분야, 그리고 인터넷 상에서 실시간 운영체제의 정보를 얻을 수 있는 방법에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

■ 이두원/㈜두울정보기술 대표
dwlee@doall.co.kr

연재 순서

- 1 실시간 운영체제(RTOS) 개요
- 2 실시간 운영체제 시장동향
- 3 실시간 운영체제와 임베디드 시스템
- 4 적용기술과 적용사례
- 5 상용 실시간 운영체제 가이드

RTOS에 대해 이야기 하기 전에 '실시간'에 대한 정의부터 하고 넘어가기로 한다. 실시간 시스템은 기존의 컴퓨터 시스템과 달리 시스템 동작의 정확성이 논리적 정확성뿐만 아니라 시간적 정확성에서도 좌우되는 시스템을 말한다.

이러한 실시간 시스템의 전형적인 예로서 제어시스템을 들 수 있다. 제어시스템은 감지장치(sensor)로부터 입력을 받아들여 이를 정해진 시간 내에 처리하여 작동장치(actuator)로 출력하며 극히 작은 시간적 오차를 허용한다. 실시간 시스템의 응용분야로는 핵발전소의 제어, 공정제어, 병원의 감시장치, 항공기 제어, 무기 체계, 우주선의 운항 및 유도 등의 분야를 들 수 있다.

실시간 시스템에 존재하는 시간 제약 조건은 종료시한(deadline)으로 주어진다. 종료시한은 그것의 엄격성에 있어 세 가지로 분류될 수 있다.

첫째로, 경성(hard) 종료시한은 시스템이 주어진 종료시한을 만족시키지 못한 경우에 막대한 재산적 손실이나 인명의 피해를 주는 경우를 말한다.

둘째로, 연성(soft) 종료시한은 시간계약 조건을 만족시키지 못하더라도 경성의 경우처럼 치명적이지 않고 종료시한을 넘겨 수행을 마쳐도 계산의 결과가 의미가 있는 경우를 말한다. 연성 종료시한을 갖는 대표적인 시스템은 온라인 트랜잭션 시스템을 들 수 있다.



마지막으로 준경성(firm) 종료시한은 경성과 연성의 중간 형태로 종료시한을 넘겨 수행을 마치는 것은 무의미한 경우를 의미하며 손실이 치명적이지 않은 경우를 말한다.

실시간 시스템이 종료시한을 만족시키기 위해서는 고속의 계산을 요구하게 되지만, 고속의 계산이 실시간 시스템의 요구조건을 만족시키는 것은 아니다. 일반적으로 고속의 계산은 시스템의 평균 응답시간을 최소화하지만, 실시간 시스템에서 요구되는 예측 가능성을 보장하지는 않는다. 예측가능성이란 시스템의 명세에 정의된 고장이나 작업 부하 조건에서 태스크의 종료시한 만족을 보장하는 것을 의미한다.

최근 운영체제는 컴퓨터의 성능을 향상시키는데 많은 도움이 되고 있다. 그러나, 실시간 시스템에서의 성능은 단지 평균 실행 시간에 의해서만 측정되지는 않는다.

실시간 시스템의 제약조건은 시간 제약 조건 외에도 자원, 우선 순위 또는 선행관계, 태스크간 통신 및 동기화 제약 조건이 있을 수 있다. 실시간 시스템을 구성하기 위해서 필요한 하드웨어와 소프트웨어는 다음과 같은 특성을 갖는다.

우선 하드웨어는 고신뢰성을 제공하기 위해 결합 허용성을 지원해야 하고 확장성과 유연성, 코드의 ROM화, 그리고 기존의 일반 부품을 사용하여야 한다. 소프트웨어 부분은 실시간 운영체제 또는 실시간 실행체제 등이 요구되며 이들은 태스크의 스케줄링, 태스크간 통신 및 동기화, 인터럽트 처리, 실시간 시계관리 등의 기능을 수행한다.

실시간 시스템의 주요 연구분야로는 명세와 검증, 설계방법론, 프로그래밍 언어, 스케줄링 알고리즘, 자원관리를 위한 운영체제의 기능, 실시간 통신 구조, 결합 허용성 등을 들 수 있다.

실시간운영체제(RTOS) 개요

앞의 내용을 간단히 언급하면 실시간 시스템은 '시스템의 수행 결과가 기능적으로 정확해야 할 뿐만 아니라, 결과가 도출되는 시간 역시 주어진 제약 조건을 만족시켜야 하는 시스템'이라고 간략하게 정의할 수 있다. 실시간 시스템이 시간적 제약 조건을 만족시키지 못한 경우 작게는 시스템 오동작, 크게는 인명 손상과 같은 재앙을 유발하게 된다. 이와 같은 요구 조건 때문에 시스템의 수행은 예측 가능해야 한다. 실시간 운영체제는 이러한 실시간 시스템의 개발, 운영에 사용되는 운영체제이다.

실시간 시스템이 적용되는 분야를 예로 들면 자동 제어 시스템 등을 생각할 수 있다. 어떤 공장에서 로봇이 컨베이어 벨트에 의

해 운반되는 물건을 집어서 이동시킨다고 하자. 로봇이 시기 적절하게 물건을 집어 내지 못한다면, 기능적으로는 올바르게 수행했으나(물건을 집을 위치로 이동함) 시간 제약을 지키지 못하게 되어 결과적으로 정상적으로 수행을 행하였다고 볼 수 없게 되는 것이다(물건을 집어 오지 못함).

본 글에서는 실시간 운영체제가 가지는 특징과 이의 응용 분야, 그리고 인터넷상에서 실시간 운영체제의 정보를 얻을 수 있는 방법에 대해 간략하게 소개하고자 한다. 여기에 소개하는 내용의 대부분은 인터넷 뉴스그룹 중 news:comp.realtime에 정기적으로 올라오는 FAQ를 참조하면 보다 정확한 내용을 알 수 있다. 이 글의 끝부분에 이에 대한 상세한 이야기를 하기로 한다.

실시간 운영체제는 그 특성상 MS-DOS나 Windows 95 등과 같은 범용 운영체제로 쓰이지는 않고, 내장 제어 시스템과 같은 특수 목적으로 사용되는 경우가 대부분이다. 실시간 운영체제가 가져야 할 몇가지 특징을 생각하면 다음과 같다.

첫째, 다중 쓰레드를 지원하고, 선점 가능해야 한다. 이는 실시간 시스템이 예측 가능해야 하기 때문인데, Windows 3.11과 같은 co-operative한 운영체제하에서는 한 태스크가 무한히 CPU를 점유하는 것이 가능하여, 시스템의 성능을 예측하기 어렵게 만든다.

둘째, 쓰레드간의 우선 순위를 보장하여야 한다. 이는 쓰레드의 데드라인을 만족시킬 수 있는 방법을 마련하기 위해 필요하다.

셋째, 쓰레드간의 동기화를 지원해야 한다. 쓰레드들 사이에 자원의 공유와 커뮤니케이션이 필요하므로, 이들간의 동기를 맞추어 줄 수 있는 방법이 마련되어야 한다.

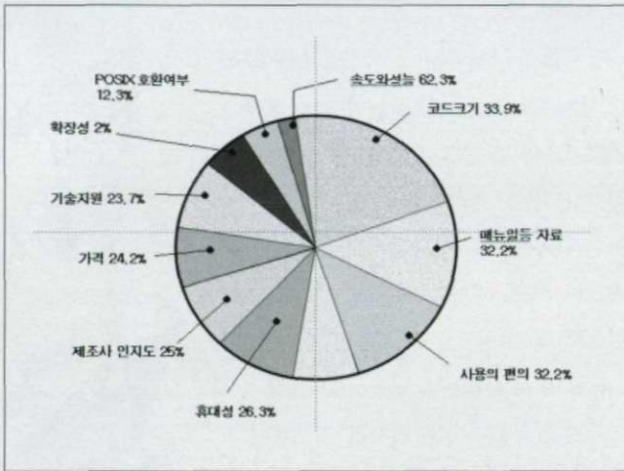
넷째, 운영체제의 행동이 명확해야 한다. 여기서 행동이라는 것은 시간적인 측면을 의미하는 것인데, 여기에는 인터럽트 지연 시간, 시스템 콜의 처리 시간, 그리고 운영체제와 드라이버가 인터럽트를 마스크하는 시간 등이 포함된다. 따라서 실시간 운영체제 개발자들은 다음과 같은 사항들을 명시해야 한다. 즉, 시스템의 인터럽트 레벨, 디바이스 드라이버의 IRQ 레벨, 그리고 이의 최대 처리 시간 등이 포함되어야 한다.

실시간 운영체제가 주로 사용되는 분야는 내장 제어 시스템과



같은 특수한 분야이다. 몇 가지 분야를 예로 들면 핵발전소 제어, 산업체 제조 공정 제어, 의료 기구의 모니터링, 항법 제어와 유도, 자동차 엔진 제어, 로봇 제어, 원격 측정 제어 등 수없이 많이 있다.

이들을 크게 두가지 분류로 나눌 수 있는데 Hard Real-Time 시스템과 Soft Real-Time 시스템의 두 분야이다. 이는 시간적 제약 조건이 만족되지 않았을 경우에 야기되는 피해의 정도에 따라 분류된 것인데, 항공기의 제어와 같이 주어진 시간내에 제어를 하지 못할 경우 인명 피해와 같은 손실이 유발되는 경우를 Hard Real-Time 시스템, 그렇지 않은 경우에 Soft Real-Time 시스템이라 한다.



(그림 1) 상용 RTOS와 리얼타임커널을 선택하는 중요한 기준

실시간 운영체제를 개발하는데 사용되는 방법론에는 크게 세가지가 있다. 첫째는 Ada를 이용하는 것이고, 둘째는 data flow 모델에 기초한 방법, 그리고 세번째는 OO(Object Oriented) 방법에 기초한 것이다. Ada에 관련된 내용은 뉴스그룹 news:comp.lang.ada 를 참조하면 된다. 전체적으로 봤을 때 실시간 운영체제 개발에 가장 많이 사용되는 프로그래밍 언어는 Ada, C, C++이다.

RTOS는 표준 하드웨어환경이 정해져 있지 않다는 점이 윈도우나 유닉스 등 범용OS와 커다란 차이이며, 이는 곧 응용프로그램 뿐 아니라 운영체제 자체에 대해서도 사용자가 환경을 설정해야 하고 때에 따라서는 포팅 노력이 요구된다는 뜻이다.

그리고 시스템의 하드웨어 자원, 특히 메모리 사용에 대해서 많은 제약이 따른다.

일반 OS에서 작동하는 응용프로그램이 몇 백 KB 메모리를 더 사용한다고 해서 무슨 큰 문제가 되는 것은 아니다. 하지만 임베

디드 시스템에서는 메모리를 더 사용하면 그만큼 제품 단가가 올라가고, 특히 모바일 환경에서는 제품의 크기와 전지의 사용 시간에도 직접적인 영향을 주게 된다. 임베디드 분야의 개발자 실력이 0에서 100점까지 확연하게 드러나는 이유가 바로 여기에 있다.

현재 시장에서선 임베디드와 RTOS에 대한 확실한 구분없이 사용되고 있다. 정확히 말하면 임베디드 OS는 실시간 운영체제를 포괄하는 폭넓은 분야이다.

유닉스나 윈도우와 같은 일반 운영체제는 몇가지 표준 때문에 정해진 하드웨어에서 돌아간다. 리눅스를 제외하고는 사용자가 운영체제를 건드릴 수가 없기 때문에 현재로서 리눅스는 임베디드 운영체제일 수 있어도 RTOS는 아니다.

흔히 RTOS라면 속도가 빠른 운영체제라고 생각하지만 실행 속도와는 별 관련이 없다. 다시 말해 운영체제의 각종 동작이 어떤 '정해진' 시간안에 이뤄진다면, 그 시간이 아무리 길어도 실시간 운영체제라고 말할 수 있다. RTOS는 공정제어나 의료정보 시스템 등 어떤 상황에서도 정확한 처리를 하는데 적합하다.

(그림 1)의 그래프는 상용 RTOS와 리얼타임커널을 선택하는 가장 중요한 기준으로 1997년도 Embedded System Programming 7월호에 게재된 내용이며, 대부분의 경우에 가장 타당하게 적용하는 내용을 가리키고 있다.

상용 운영체제와 RTOS관련 추천사이트

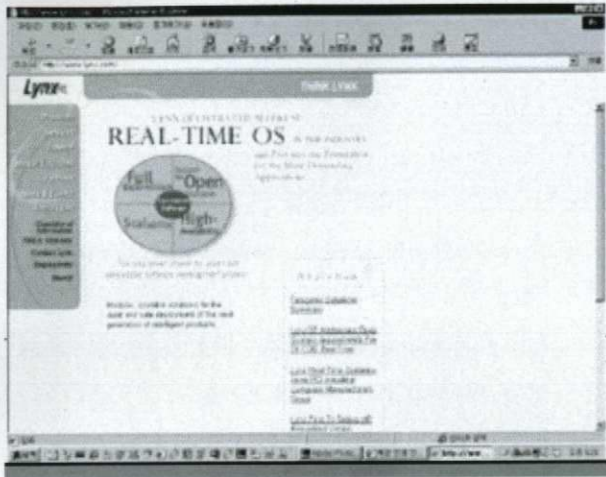
현재 대표적으로 사용되는 상용 운영체제에는 LynxOS, OS-9, QNX, VRTX, 그리고 VxWorks 등이 있으며, 각각의 특징들은 다음 기회에 자세하게 설명이 나오겠지만, 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

참고적으로, 현재 각광 받고 있는 운영체제인 Windows NT 4.0은 Hard Real-Time 시스템에서 사용하기는 어렵고, 단순한 Soft Real-Time 시스템에서는 사용할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 <http://www.realtime-info.be/encyc/magazine/articles/winnt/winnt.htm>을 참고한다.

■ LynxOS

대형, 우선순위 지원, 선점형, UNIX 호환 실시간 커널이다. POSIX와 호환성이 있으며, 파일 시스템과 윈도우, 네트워킹 등과 같은 기능을 지원한다. Motorola, Intel, Sun, Hewlett Packard, Ceta 등 여러 환경을 지원한다. 웹상의 주소는

http://www.lynx.com이다.

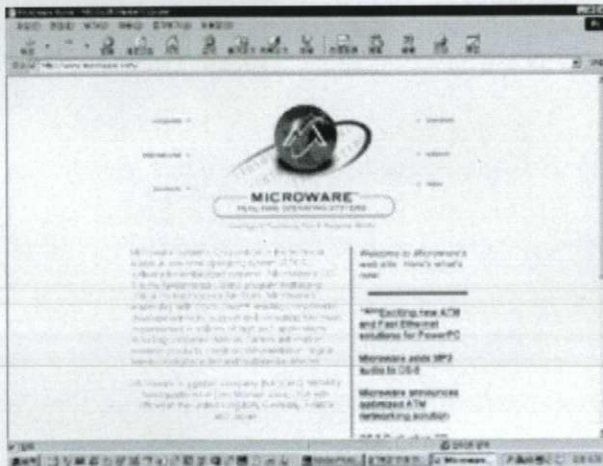


〈그림 2〉 LynxOS 정보 제공 사이트 화면

■ OS-9/OS-9000

소형(Compact), 우선순위 지원, 선점형 실시간 커널이다. 파일 시스템과 윈도우, 네트워킹을 지원하고, 멀티미디어 add-on을 사용할 수 있다.

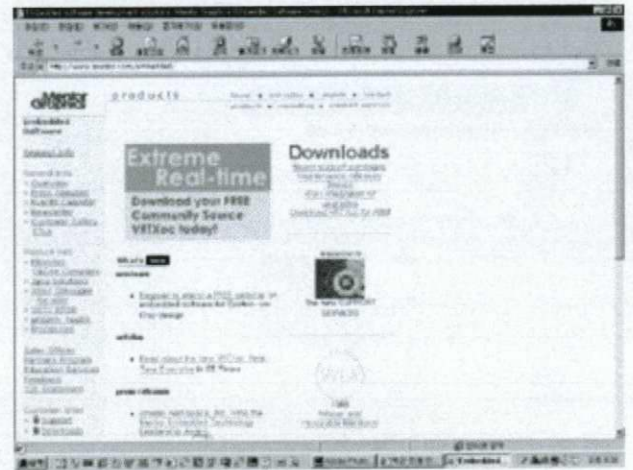
MC68xxx과 Intel x86 계열의 프로세서 상에서 동작한다. 웹상의 주소는 <http://www.microware.com>이다.



〈그림 3〉 OS-9/OS-9000의 정보 제공 사이트

■ VRTX, VRTX32, VRTXsa

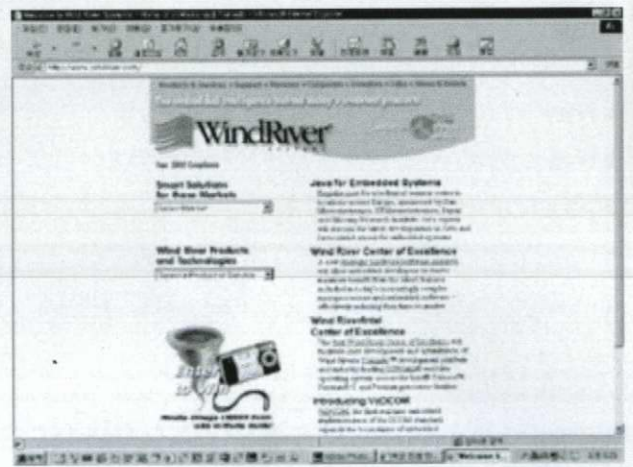
소형(Compact), 우선순위 지원, 선점형 실시간 커널이며, 네트워킹과 파일 시스템을 위한 add-on을 사용할 수 있다. VRTX의 경우 MC680x0에서만 동작하고, VRTX32의 경우는 MC680x0, Intel 80x86, 80960 그리고 National Semiconductor series 32000에서 동작한다. 웹상의 주소는 <http://www.mentor.com>이다.



〈그림 4〉 VRTX, VRTX32, VRTXsa의 정보 제공 사이트 화면

■ VxWorks

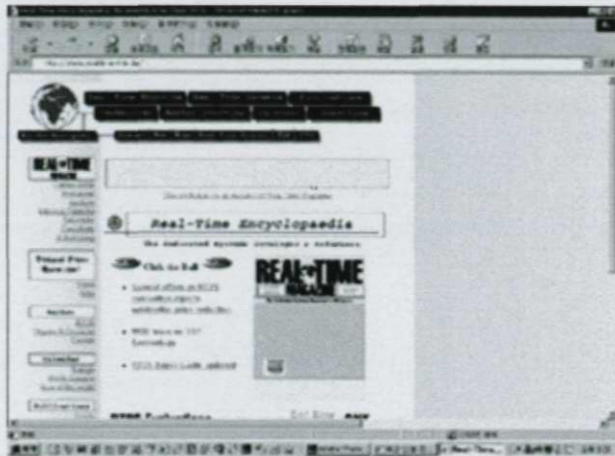
Wind 커널을 바탕으로 한 선점형 실시간 운영체제이며, 네트워킹과 파일 시스템을 내장하고 있다. MC680x0, MC683xx, Intel i960, Intel i386, R3000, SPARC, Fujitsu SPARClite, 그리고 TRON Gmicro 100/200/300 등의 다양한 환경에서 동작하며, 프로그램의 개발을 위해서는 호스트 워크스테이션이 필요하다. 지원하는 워크스테이션은 Sun3, Sun4, HP9000, IBM RS-6000, DEC, SGI, 그리고 MIPS 등이 있다. 웹상의 주소는 <http://www.wrs.com>이다.



〈그림 5〉 VxWorks의 정보 제공 사이트

■ QNX

대형, 확장가능(scaleable), 우선순위 지원, 선점형, 다중 사용자 환경의 UNIX/POSIX 호환 실시간 운영체제이다. Intel 80286/386/486 상에서 동작한다. 웹상의 주소는 <http://www.qnx.com>이다.



〈그림 6〉 QNX의 정보 제공 사이트

앞에 소개된 제품들에 대한 보다 자세한 정보와 그밖에 상용화되고 있는 실시간 운영체제 제품들에 대한 정보를 얻고 싶으면 <http://www.realtime-info.be/encyc/market/rtos/rtos.htm>에 접속하면 된다.

마지막으로, 인터넷상에서 실시간 운영체제에 대한 자세한 정보를 얻을 수 있는 곳들을 살펴보면 다음과 같다.

우선, 실시간 운영체제에 대한 토론이 벌어지는 뉴스그룹들에 대해 살펴보면,

- ▲ news:comp.realtime: 가장 대표적인 곳, 실시간 운영체제 전반에 걸친 내용
- ▲ news:comp.arch: 컴퓨터 구조
- ▲ news:comp.os.misc: OS와 관련된 일반적 토론
- ▲ news:comp.os.linux: LinuxOS 실시간 운영체제
- ▲ news:comp.os.os9: OS9 실시간 운영체제
- ▲ news:comp.os.qnx: QNX 실시간 운영체제
- ▲ news:comp.os.vxworks: VxWorks 실시간 운영체제

등이 있고, Web 상에서 실시간 운영체제 전반에 걸친 자세한 정보를 얻고 싶으면 다음의 사이트에 접속하면 된다. 실시간 운영체제에 관한 전반적인 사항들을 다루고 있으며, 항목별로 정리가 잘 되어 있다. 실시간 운영체제에 대한 일반적인 FAQ를 얻고 싶으면 <http://www.realtime-info.be/encyc/techno/publi/faq/rtfaq.htm>으로 바로 접속하면 된다.

그밖에 가볼 만한 사이트로는

- <http://www.realtime-os.com/rtresour.html>
- <http://www.cs.umd.edu/~fwmiller/etc/realtime.html>
- <http://www.cera2.com/realtime.htm>
- <http://www.embedded.com/net.htm>
- <http://www.vita.com>, <http://www.ifi.unizh.ch/groups/ailab/embedded.html>
- <http://www.groupipc.com> 등이 있다.

다음 편에는 실시간 운영체제의 시장동향을 살펴보고 Embedded software 시장에 대한 개괄적인 소개를 살펴보기로 한다. <참고 <http://www.doall.co.kr>>

참고문헌

- (1) N.Audsley, A. Burns, M. Richardson, and A. Wellings, "Hard Real-Time Scheduling: The Deadline-Monotonic Approach", Proceedings of IEEE Workshop on Real-Time Operating Systems and Software", pp. 133-137, 1991
- (2) 정보처리 제5권 4호(1998.7) 신현식, 김태응
- (3) 월간 마이크로소프트웨어(1999.9)

데이터베이스 대상 제도 안내

(재)한국데이터베이스진흥센터는 '97년 10월부터 우수 데이터베이스를 선정 시상하고 홍보함으로써 데이터베이스의 활용촉진과 관련 업체의 사업의욕 증진을 통한 국내 데이터베이스 산업의 육성을 도모하기 위해 한국데이터베이스진흥센터와 조선일보사가 제정하고 정보통신부가 후원하는 데이터베이스 대상 제도를 시행하고 있습니다. 데이터베이스를 구축·서비스하고 있는 관련업체(기관)의 많은 참여를 바랍니다.

문의 : 한국데이터베이스진흥센터 산업지원과 유재홍
전화 : (02) 725-3751(교131), 팩스 : (02) 725-3750